






**Preparation of finely divided pulverulent crosslinked copolymers**

**Patent number:** DE3609829  
**Publication date:** 1987-09-24  
**Inventor:** DENZINGER WALTER (DE); HARTMANN HEINRICH DR (DE)  
**Applicant:** BASF AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** C08F2/04; C08F220/04; C08F220/34; C08F220/54; C08F222/00  
- **europaean:** A61K7/48N; A61K47/32; C08F220/04; C08F220/34; C08F220/54  
**Application number:** DE19863609829 19860322  
**Priority number(s):** DE19863609829 19860322

**Also published as:**

	EP0239035 (A2)
	US4748220 (A1)
	JP62232413 (A)
	EP0239035 (A3)
	EP0239035 (B1)

Abstract not available for DE3609829

Abstract of correspondent: **US4748220**

Pulverulent crosslinked copolymers are prepared by polymerizing monomer mixtures consisting of (a) from 70 to 99.99% by weight of monoethylenically unsaturated carboxylic acids, their amides and/or esters of such carboxylic acids and aminoalcohols, (b) from 0.001 to 10% by weight of a diethylenically or polyethylenically unsaturated monomer and (c) from 0 to 20% by weight of other monoethylenically unsaturated monomers in supercritical carbon dioxide under superatmospheric pressure in the presence of a free radical initiator.

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

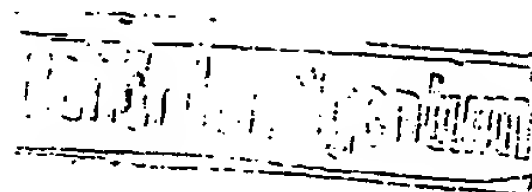


DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑪ DE 3609829 A1

⑳ Aktenzeichen: P 36 09 829.9  
㉑ Anmeldetag: 22. 3. 86  
㉒ Offenlegungstag: 24. 9. 87

⑥ Int. Cl. 4:  
**C08F 2/04**  
C 08 F 220/04  
C 08 F 220/34  
C 08 F 220/54  
C 08 F 222/00



DE 3609829 A1

㉑ Anmelder:  
BASF AG, 6700 Ludwigshafen, DE

㉒ Erfinder:  
Hartmann, Heinrich, Dr., 6703 Limburgerhof, DE;  
Denzinger, Walter, 6720 Speyer, DE

㉓ Verfahren zur Herstellung von pulverförmigen vernetzten Copolymerisaten

Verfahren zur Herstellung von pulverförmigen vernetzten Copolymerisaten durch Polymerisieren von Monomerenmischungen aus

(a) 70 bis 99,99 Gew.-% monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren, deren Amiden und/oder Estern aus monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren und Aminoalkoholen,

(b) 0,001 bis 10 Gew.-% eines mindestens zweifach ethylenisch ungesättigten Monomeren und

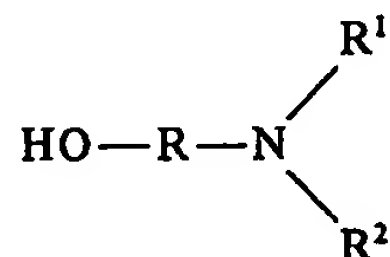
(c) 0 bis 20 Gew.-% anderen monoethylenisch ungesättigten Monomeren in flüssigem Kohlendioxid oder in überkritischem Kohlendioxid unter Druck in Gegenwart von Radikale bildenden Initiatoren.

DE 3609829 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von pulverförmigen vernetzten Copolymerisaten durch Polymerisieren von Monomerenmischungen aus

(a) 70 bis 99,999 Gew.% monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren, Amiden von monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren und/oder Estern aus monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren und Aminoalkoholen der Formel



in der

R = C<sub>2</sub>- bis C<sub>6</sub>-Alkylen,

R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = H, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> bedeutet,

(b) 0,001 bis 10 Gew.% eines mindestens zweifach ethylenisch ungesättigten Monomeren und

(c) 0 bis 20 Gew.% anderen monoethylenisch ungesättigten Monomeren

in einem inerten Verdünnungsmittel in Gegenwart von Radikale bildenden Initiatoren und Entfernen des Verdünnungsmittels, dadurch gekennzeichnet, daß man die Copolymerisation unter Druck in flüssigem oder in überkritischem Kohlendioxid als inerten Verdünnungsmittel durchführt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die Copolymerisation in überkritischem Kohlendioxid bei Temperaturen von etwa 31 bis 150°C und Drücken oberhalb von 73 bar durchführt.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß man als Monomerenmischung

(a) monoethylenisch ungesättigte C<sub>3</sub>- bis C<sub>5</sub>-Carbonsäuren, Amide von ethylenisch ungesättigten C<sub>3</sub>- bis C<sub>5</sub>-Carbonsäuren und/oder Di-C<sub>1</sub>- bis C<sub>3</sub>-alkylamino-C<sub>2</sub>- bis C<sub>6</sub>-alkylacrylate oder -methacrylate in Form der Salze oder in quaternisierter Form,

(c) Acrylnitril, Methacrylnitril, Acrylsäure- und Methacrylsäureester von einwertigen C<sub>1</sub>- bis C<sub>18</sub>-Alkoholen, Hydroxy-C<sub>2</sub>- bis C<sub>4</sub>-alkylester der Acrylsäure und Methacrylsäure, Maleinsäureanhydrid, Vinylster und/oder Vinylphosphonsäure

einsetzt.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß man als Monomerenmischung

(a) 70 bis 99,95 Gew.% Acrylsäure, Methacrylsäure, Acrylamid und/oder Methacrylamid,

(b) 0,05 bis 5 Gew.% Divinyldioxan, Butandioldiacrylat, Pentaerythrittriallylether, N,N'-Methylen-bisacrylamid und/oder Ethylenglykoldiacrylat und

(c) 0 bis 20 Gew.% Acrylsäure- und Methacrylsäureester von einwertigen C<sub>1</sub>- bis C<sub>18</sub>-Alkoholen, Hydroxy-C<sub>2</sub>- bis C<sub>4</sub>-alkylester der Acrylsäure und Methacrylsäure, Maleinsäureanhydrid, Vinylacetat, Vinylpropionat und/oder Vinylphosphonsäure einsetzt.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß man als Monomerenmischung

(a) Acrylsäure oder Methacrylsäure und

(b) Pentaerythrittriallylether, Butandioldiacrylat oder N,N'-Methylen-bisacrylamid

einsetzt.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß man als Radikale bildende Initiatoren tert.-Butylper-2-ethylhexanoat, 2,2'-Azobis(2,4-dimethylvaleronitril), 2,2'-Azobis(4-methoxy-2,4-dimethylvaleronitril), 2,2'-Azobisisobutyronitril und 2,2'-Azobis-(2-amidinopropan)-dihydrochlorid einsetzt.

## Beschreibung

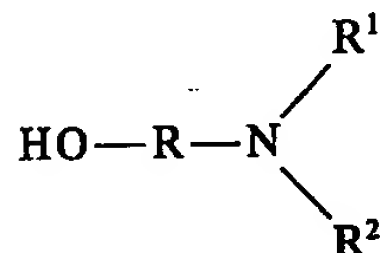
Pulverförmige vernetzte Copolymerisate können nach verschiedenen Verfahren durch Copolymerisieren der Monomeren in Gegenwart eines Vernetzers hergestellt werden, z. B. nach dem Verfahren der Fällungspolymerisation in Benzol oder chlorierten Kohlenwasserstoffen gemäß der US-PS 27 98 053 oder der umgekehrten Suspensionspolymerisation nach dem Verfahren der US-PS 40 59 552. In allen Fällen benötigt man ein Verdünnungsmittel. Bei der Herstellung von Verdickungsmitteln auf Basis vernetzter Polyacrylsäuren bzw. Polyacrylamide haben sich vor allem Benzol, Toluol, Xylol oder halogenierte Kohlenwasserstoffe als inertes Verdünnungsmittel bewährt. Der Einsatz dieser Verdünnungsmittel ist jedoch auch mit einem Nachteil behaftet, weil die darin hergestellten Copolymerisate auch nach dem Trocknen noch mehr oder weniger größere Mengen an inerten Verdünnungsmitteln, wie aromatischen Kohlenwasserstoffen oder halogenierten Kohlenwasserstoffen enthalten. Da die genannten Kohlenwasserstoffe zum Teil als physiologisch bedenklich angesehen werden bzw. den Copolymerisaten einen intensiven Geruch verleihen, müssen sie weitgehend aus den Copolymerisaten entfernt

werden. Dadurch werden Reinigungsoperationen erforderlich, die umständlich und kostenaufwendig sind und darüber hinaus nicht die vollständige Entfernung der störenden Lösemittel gestatten.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, gemäß dem pulverförmige vernetzte Copolymerisate durch Copolymerisation der Monomeren in einem Verdünnungsmittel erhalten werden, das physiologisch unbedenklich ist und aus den Polymerisaten leicht entfernt werden kann. 5

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren zur Herstellung von pulverförmigen vernetzten Copolymerisaten durch Polymerisieren von monomeren Mischungen aus

- (a) 70 bis 99,99 Gew.% monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren, Amiden von monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren und/oder Estern aus monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren und Aminoalkoholen der Formel 10

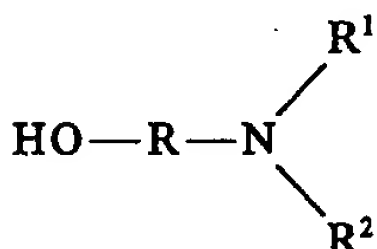


in der R = C<sub>2</sub>- bis C<sub>6</sub>-Alkylen,  
R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = H, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> bedeutet, 15

- (b) 0,001 bis 10 Gew.% eines mindestens zweifach ethylenisch ungesättigten Monomeren und  
(c) 0 bis 20 Gew.% anderen monoethylenisch ungesättigten Monomeren 20

in einem inerten Verdünnungsmittel in Gegenwart von Radikale bildenden Initiatoren und Entfernung des Verdünnungsmittels, wenn man die Copolymerisation unter Druck in flüssigem oder in überkritischem Kohlendioxid als inertem Verdünnungsmittel durchführt. Die Copolymerisation wird vorzugsweise in überkritischem Kohlendioxid bei Temperaturen von etwa 31 bis 150°C und Drücken oberhalb von 73 bar durchgeführt. 25

Als Monomere der Gruppe (a) kommen zunächst monoethylenisch ungesättigte Carbonsäuren in Betracht. Die wichtigsten Vertreter dieser Gruppe sind beispielsweise monoethylenisch ungesättigte C<sub>3</sub>- bis C<sub>5</sub>-Carbonsäuren, wie Acrylsäure, Methacrylsäure, Vinyllessigsäure, Itaconsäure, Crotonsäure, alpha-Methylcrotonsäure, alpha-Ethylacrylsäure, Dimethylacrylsäure, alpha-Chloracrylsäure und Vinylmilchsäure. Ebenfalls geeignet sind die Amide von monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren, z. B. Acrylamid, Methacrylamid, Crotonsäureamid und Itaconsäureamid. Zu den Monomeren der Gruppe (a) gehören außerdem Ester aus monoethylenisch ungesättigten Carbonsäuren und Aminoalkoholen der Formel 30



in der R = C<sub>2</sub>- bis C<sub>6</sub>-Alkylen,  
R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = H, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> bedeutet. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um Di-C<sub>1</sub>- bis C<sub>3</sub>-Alkylamino-C<sub>2</sub>- bis C<sub>6</sub>-alkylacrylate bzw. -methacrylate. Einzelne Vertreter dieser Monomeren sind beispielsweise Dimethylaminoethylacrylat, Dimethylaminoethylmethacrylat, Diethylaminoethylmethacrylat, Diethylaminoethylacrylat, Dipropylaminoethylacrylat, Dimethylaminopropylacrylat, Dimethylaminopropylmethacrylat, Dimethylaminobutylacrylat, Dimethylaminobutylmethacrylat, Dimethylaminobutylmethacrylat, Dimethylaminoneopentylacrylat, Dimethylaminoneopentylmethacrylat und Dimethylaminohexylacrylat. Die genannten basischen Acrylate und Methacrylate werden vorzugsweise in Form der Salze mit Mineralsäuren oder Carbonsäuren (z. B. Salzsäure, Schwefelsäure, Ameisensäure, Essigsäure oder Propionsäure) oder in quaternisierter Form eingesetzt. Geeignete Quaternisierungsmittel sind beispielsweise Dimethylsulfat, Methylchlorid, Ethylchlorid, Laurylchlorid oder Benzylchlorid. 35

Die Monomeren der Gruppe (a) können entweder für sich allein oder in Mischung der Copolymerisation mit den Monomeren (b) unterworfen werden. Von den Monomeren der Gruppe (a) verwendet man vorzugsweise Acrylsäure, Methacrylsäure, Acrylamid und/oder Methacrylamid. Verwendet man als Monomer (a) Acrylsäure, so erhält man durch Copolymerisation mit den Monomeren der Gruppe (b) eine vernetzte Polyacrylsäure, entsprechend liefert der Einsatz von Acrylamid als Monomer der Gruppe (a) vernetzte Polyacrylamide. Setzt man als Monomere der Gruppe (a) Mischungen aus Acrylsäure und Acrylamid ein, so erhält man bei der Copolymerisation vernetzte Copolymerisate aus Acrylamid und Acrylsäure. Eine weitere Variation der vernetzten Copolymerisate wird dadurch möglich, daß man entweder Acrylsäure zusätzlich in Gegenwart von Dimethylaminoethylacrylat oder Acrylamid in Gegenwart von Dimethylaminoethylacrylat zusammen mit den Monomeren (b) und gegebenenfalls den Monomeren der Gruppe (c) der Copolymerisation unterwirft. Da die Monomeren der Gruppe (a) in jedem beliebigen Verhältnis miteinander copolymerisierbar sind, ergibt sich eine Vielfalt von Variationsmöglichkeiten bezüglich der Zusammensetzung der vernetzten Copolymerisate. Die Monomeren der Gruppe (a) sind zu 70 bis 99,95 Gew.% am Aufbau der Copolymerisate beteiligt. 40

Als Monomere der Gruppe (b) verwendet man mindestens zweifach ethylenisch ungesättigte Doppelbindungen enthaltende Monomere, z. B. Divinylbenzol, Divinylketon, Butandiol-diäcrylat, Ethylenglykoldiäcrylat, Butandiol-dimethacrylat, Ethylenglykoldimethacrylat, Methylenbisacrylamid, Diallylphthalat, Divinylether, Divinyl- 55

dioxan, Polyalkenylpolyether wie Polyallyl- und Polyvinylether von Oligosacchariden, z. B. Pentallylsucchrose und Pentaerythrittrialylether, Diallylacrylamid, Polyallyl- und Polyvinylsilane, Triallylcyanurat, Allylester der Phosphorsäure und phosphorigen Säure sowie Allylphosphoramidoverbindungen, wie Phosphorsäuremonoethylester-N,N-(diallyl)-diamid sowie Mischungen dieser Monomeren. Vorzugsweise verwendet man als Vernetzer Divinyldioxan, Butandiolacrylat, Pentaerythrittrialylether, N,N'-Methylen-bisacrylamid und/oder Ethylen-glykoldiacrylat. Die Vernetzer können entweder allein oder in Mischung bei der Copolymerisation angewendet werden. Die Monomeren der Gruppe (b) sind in den bei der Polymerisation eingesetzten Monomerenmischungen in einer Menge von 0,001 bis 10, vorzugsweise 0,05 bis 5 Gew.% anwesend.

Zur Modifizierung der vernetzten Copolymerisate kann man bei der Copolymerisation andere ethylenisch ungesättigte Monomere einsetzen. Zu der Gruppe von Monomeren (c) gehören beispielsweise Acrylnitril, Methacrylnitril, Acrylsäure- und Methacrylsäureester, die sich von einwertigen C<sub>1</sub>- bis C<sub>18</sub>-Alkoholen ableiten, Hydroxy-C<sub>2</sub>- bis C<sub>4</sub>-Alkylester der Acrylsäure und Methacrylsäure, Maleinsäureanhydrid, Vinylester, 2-Acrylamido-2-methylpropylsulfonsäure und/oder Vinylphosphonsäure. Außerdem eignen sich Ester der Acrylsäure und Methacrylsäure mit Fettalkoholethoxylaten und Fettalkoholpropoxylaten, wobei die Fettalkoholkomponente 10 bis 20 C-Atome besitzt und der Ethylenoxid- bzw. Propylenoxidanteil 1 bis 20 Mol% beträgt. Solche Alkoholkomponenten werden beispielsweise dadurch erhalten, daß man C<sub>10</sub>- bis C<sub>20</sub>-Fettalkohole mit Ethylenoxid und/oder Propylenoxid umsetzt und die dabei erhaltenen alkoxylierten Fettalkohole mit Acrylsäure bzw. Methacrylsäure verestert. Der Einsatz dieser Comonomeren ergibt vernetzte Copolymerisate, die eine hohe Elektrolytbeständigkeit aufweisen. Die Monomeren der Gruppe (c) werden in einer Menge von 0 bis 20, und vorzugsweise bis 15 Gew.% eingesetzt. Sofern sie für die Modifizierung der Copolymerisate aus (a) und (b) verwendet werden, beträgt die untere Grenze 5 Gew.%, bezogen auf die Monomerenmischung. Die Summe der Prozentangaben für die Monomeren (a), (b) und (c) beträgt in allen Fällen 100%. Ester der Acrylsäure und Methacrylsäure sind beispielsweise Methylacrylat, Ethylacrylat, Methylmethacrylat, 2-Ethylhexylacrylat, Stearylacrylat, Stearyl-methacrylat und die Acrylsäureester der isomeren Butylalkohole. Als Hydroxy-C<sub>2</sub>-bis-C<sub>4</sub>-alkylester der Acrylsäure und Methacrylsäure kommen beispielsweise Hydroxyethylacrylat, Hydroxypropylacrylat, Hydroxybutylacrylat, Hydroxyethylmethacrylat, Hydroxypropylmethacrylat sowie Hydroxybutylmethacrylat in Betracht. Von den Vinylestern werden vorzugsweise Vinylacetat und Vinylpropionat eingesetzt.

Die Copolymerisation wird unter Druck in flüssigem oder in überkritischem Kohlendioxid als inertem Verdünnungsmittel durchgeführt. Über die Eigenschaften von Kohlendioxid in flüssigem und im überkritischen Zustand berichtete J. A. Hyatt, J. Org. Chem. 49, 5097—5101 (1984). Danach liegt der kritische Punkt von Kohlendioxid bei etwa 31°C und 73 bar. Die Copolymerisation wird in allen Fällen unter Druck vorgenommen und kann in flüssigem Kohlendioxid bei Temperaturen unterhalb von 31°C, z. B. in dem Bereich von -10 bis +30°C, vorzugsweise zwischen +10 und +30°C durchgeführt werden. Besonders bevorzugt ist jedoch die Copolymerisation der oben angegebenen Monomeren in überkritischem Kohlendioxid bei Temperaturen von oberhalb etwa 31°C, der kritischen Temperatur des Kohlendioxids. Als obere Grenze für die Herstellung der Copolymerisate wird diejenige Temperatur angesehen, die 10°C unterhalb des beginnenden Erweichungsbereiches der jeweils entstehenden Copolymerisate liegt. Der obere Wert für diese Temperaturgrenze beträgt 150°C. Die Copolymerisation wird vorzugsweise in dem Temperaturbereich von 40 bis 130°C durchgeführt. Die Drücke liegen dabei oberhalb von 73 bar, vorzugsweise in dem Bereich von 80 bis 300 bar.

Die Polymerisationsreaktion wird mit Hilfe von in Radikale zerfallende Polymerisationsinitiatoren gestartet. Es können sämtliche Initiatoren eingesetzt werden, die für die Polymerisation der Monomeren bekannt sind. Geeignet sind beispielsweise in Radikale zerfallende Initiatoren, die bei den jeweils gewählten Temperaturen eine Halbwertszeit von weniger als 3 Stunden besitzen. Falls die Polymerisation bei zwei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt wird, indem man die Monomeren zunächst bei einer niedrigeren Temperatur anpolymerisiert und anschließend bei einer deutlich höheren Temperatur auspolymerisiert, so verwendet man zweckmäßigerweise mindestens zwei unterschiedliche Initiatoren, die in dem jeweils gewählten Temperaturbereich eine ausreichende Zerfallsgeschwindigkeit haben. Beispielsweise kann man in den nachstehend angegebenen Temperaturbereichen folgende Initiatoren verwenden:

Temp.: 40 bis 60°C

Acetylcyclohexansulfonylperoxid, Diacetylperoxidcarbonat, Dicyclohexylperoxidcarbonat, Di-2-ethylhexylperoxidcarbonat, tert.-Butylperneodecanoat, 2,2'-Azobis-(4-methoxy-2,4-dimethylvaleronitril)

Temp.: 60 bis 80°C:

tert.-Butylperpivalat, Dioctanoylperoxid, Dilauroylperoxid, 2,2'-Azobis-(2,4-dimethylvaleronitril), tert.-Butylazo-2-cyanobutan

Temp.: 80 bis 100°C:

Dibenzoylperoxid, tert.-Butylper-2-ethylhexanoat, tert.-Butylpermaleinat, 2,2-Azobis-(isobutyronitril)

Temp.: 100 bis 120°C:

Bis-(tert.-butylperoxy)-cyclohexan, tert.-Butylperoxyisopropylcarbonat, tert.-Butylperacetat

Temp.: 120 bis 140°C:

2,2-Bis-(tert.-butylperoxy)-butan, Dicumylperoxid, Di-tert.-amylperoxid, Di-tert.-butylperoxid

Temp.: 140°C bis 160°C:

p-Menthanhydroperoxid, Pinanhydroperoxid, Cumolhydroperoxid, tert.-Butylhydroperoxid.

Durch die Mitverwendung von Redox-Coinitiatoren, beispielsweise Benzoin, Dimethylanilin sowie organisch löslicher Komplexe und Salze von Schwermetallen, wie Kupfer, Kobalt, Mangan, Eisen, Nickel und Chrom, können die Halbwertszeiten der genannten Peroxide, besonders die Hydroperoxide, verringert werden, so daß beispielsweise tert.-Butylhydroperoxid in Gegenwart von 5 ppm Kupfer-II-Acetylacetonat bereits bei 100°C wirksam ist.

Die Polymerisationsinitiatoren werden in den bei Polymerisationen üblichen Mengen eingesetzt, z. B. benötigt



man pro 100 Gew.-Teile der Monomeren 0,05 bis 10, vorzugsweise 0,1 bis 5 Gew.Teile eines Initiators.

Die Polymerisation kann gegebenenfalls auch in Gegenwart von Polymerisationsreglern durchgeführt werden, um das Molekulargewicht der Polymerisate zu regeln. Sofern man besonders niedermolekulare Copolymerisate herstellen will, setzt man höhere Mengen an Polymerisationsreglern ein, während man für die Herstellung von hochmolekularen Copolymerisaten nur geringe Mengen an Polymerisationsreglern verwendet bzw. in Abwesenheit dieser Stoffe arbeitet. Geeignete Polymerisationsregler sind beispielsweise 2-Mercapto-ethanol, Mercaptopropanole, Mercaptobutanole, Thioglykolsäure, N-Dodecylmercaptan, tert.-Dodecylmercaptan, Thiophenol, Mercaptopropionsäure, Allylalkohol und Acetaldehyd. Die Polymerisationsregler werden, bezogen auf die eingesetzten Monomeren, in einer Menge von 0 bis 10, vorzugsweise 0,1 bis 5 Gew.% eingesetzt.

Bezogen auf 100 Gew.Teile der Monomerenmischung verwendet man 100 bis 1500, vorzugsweise 200 bis 900 Gew.Teile Kohlendioxid. Die Polymerisationsreaktion kann diskontinuierlich oder auch kontinuierlich in entsprechend ausgelegten Druckapparaturen durchgeführt werden. Um die bei der Polymerisation entstehende Wärme abzuführen, ist es wünschenswert, daß die Druckapparaturen über ein Kühlsystem verfügen. Sie müssen selbstverständlich ebenso auch beheizbar sein, um die Reaktionsmischung auf die jeweils für die Polymerisation gewünschte Temperatur zu erhitzen. Die Druckapparaturen sollten über Mischeinrichtungen verfügen, z. B. Rührer (Blatt-, Impeller-, Mehrstufenimpulsgegenstrom-Rührer) oder Schaufeln.

Die Druckpolymerisation kann beispielsweise so ausgeführt werden, daß man in einer Druckapparatur zunächst die Monomeren und den Initiator vorlegt, dann Kohlendioxid in flüssiger Form einbringt und nach dem Verschließen des Autoklaven das Reaktionsgemisch auf die Polymerisationstemperatur erhitzt. Es ist jedoch auch möglich, nur einen Teil des Reaktionsgemisches im Autoklaven vorzulegen und es auf die Polymerisationstemperatur zu erhitzen und dann nach Maßgabe der Polymerisation weiteres Reaktionsgemisch zuzupumpen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, nur einen Teil der Monomeren in der gesamten erforderlichen Menge an Kohlendioxid im Autoklaven vorzulegen und die Monomeren zusammen mit dem Initiator nach Fortschritt der Polymerisation in den Autoklaven einzupumpen. Nach Abschluß der Polymerisationsreaktion wird das Reaktionsgemisch gegebenenfalls gekühlt und das Kohlendioxid abgetrennt. Dabei fallen die Copolymerisate als pulverförmiger Rückstand an. Die Teilchengröße des Pulvers beträgt 0,5 µm bis 5 mm, vorzugsweise 1 µm bis 0,5 mm, wobei diese Teilchen aus Primärteilchen von 0,5 bis 3 µm Durchmesser bestehen und mehr oder weniger locker aggregiert sind. Das abgetrennte Kohlendioxid kann wieder verflüssigt und erneut — ohne aufwendige Reinigung — bei der Polymerisation wiederverwendet werden.

Die gemäß Erfindung hergestellten hochmolekularen vernetzten Copolymerisate können beispielsweise als Verdickungsmittel für wäßrige Systeme verwendet werden, z. B. in Textildruckpasten, kosmetischen und pharmazeutischen Zubereitungen, Dispersionsfarben, Klebstoffen und Erdölbohrspülmitteln.

Diejenigen vernetzten Copolymerisate, die freie Carboxylgruppen enthalten, ergeben nach Neutralisation mit einer wäßrigen Base klare Gele, die je nach Anwendungskonzentration als fließfähig bis steif zu beurteilen sind. Die Verdickungswirkung wird bei diesen Copolymerisaten durch Neutralisation der Carboxylgruppen erreicht, wobei die optimale Verdickungswirkung in dem pH-Bereich von 6,0 bis 10,0, vorzugsweise 7,0 bis 9,0, eintritt. Zur Neutralisation verwendet man hauptsächlich Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Natrium- oder Kaliumcarbonat, Ammoniak oder in Mischungen dieser Basen sowie Amine, z. B. Tri-C<sub>1</sub>-bis C<sub>5</sub>-alkylamine oder Mono-, Di- oder Tri-C<sub>1</sub>-bis C<sub>4</sub>-alkanolamine oder deren Mischungen. Vernetzte Copolymerisate auf Basis von Amidinen ergeben in wäßrigen Systemen sowohl im sauren als auch im alkalischen pH-Bereich Viskositäts erhöhungen. Vernetzte Dialkylaminoalkylacrylate und -methacrylate führen im sauren pH-Bereich zu einer starken Viskositätszunahme des wäßrigen Systems. Um bei der Prüfung der Verdickerwirkung der vernetzten Copolymerisate reproduzierbare Werte zu erhalten, wurde die Viskosität des verdickten wäßrigen Systems jeweils folgendermaßen gemessen:

In einem 600 ml fassenden Becherglas wurden 490 g vollentsalztes Wasser vorgelegt. Unter Rühren mit einem Flügelrührer bei einer Drehzahl von ca. 100 Umdrehungen/min streute man dann 5 g des pulverförmigen vernetzten Copolymerisates so ein, daß eine Verklumpung des Pulvers im Wasser vermieden wurde. Die Mischung wurde 10 Minuten gerührt, dann 10 Minuten stehen gelassen, anschließend mit 5 g wäßrigem Ammoniak (25%ig) versetzt und danach homogenisiert. Der pH-Wert des Ansatzes soll 8 bis 9 betragen. Um praxisnahe Ergebnisse zu erhalten, wird eine Probe von 250 g des Ansatzes mit einem Schnellrührer (Propellerdurchmesser 3,5 cm) bei 8000 Umdrehungen/min 3 Minuten gerührt. Die Temperatur dieser Probe wird anschließend auf 250°C eingestellt. Nach dem Temperieren der Probe wird die Viskosität in einem Haake-Viskotester VT 24 bei 5,66 Umdrehungen/min gemessen.

Die in den Beispielen angegebenen Teile sind Gewichtsteile, die Angaben in Prozent beziehen sich auf das Gewicht der Stoffe.

#### Beispiel 1

In einem 300 ml fassenden Autoklaven werden 15 g Acrylsäure, 0,075 g Pentaerythrittrialylether und 0,075 g tert.-Butylperethylhexanoat vorgelegt. Man fügt 135 g flüssiges Kohlendioxid zu und verschließt den Autoklaven, der mit einem Rührer und einer elektrischen Heizung ausgestattet ist. Das Reaktionsgemisch wird mit 300 Umdrehungen/min gerührt und auf eine Temperatur von 80°C erwärmt. Dabei stellt sich ein maximaler Druck von 150 bar ein. Nach einer Verweilzeit des Reaktionsgemisches von 5 Stunden bei einer Temperatur von 80°C und 150 bar wird der Autoklaveninhalt gekühlt und entspannt. Man erhält ein weißes lockeres Pulver, das sich aus Aggregaten einer Teilchengröße von 15 bis 500 µm zusammensetzt. Nach der oben beschriebenen Prüfmethode für die Verdickungswirkung von Copolymerisaten wird eine Viskosität der wäßrigen Lösung von 7.000 mPas erhalten.

## Beispiele 2 bis 15

Beispiel 1 wird mit den der folgenden Tabelle angegebenen Einsatzstoffen sowie unter den übrigen Bedingungen (Temperatur, Druck und Zeit) wiederholt. In allen Fällen erhält man ein weißes lockeres pulverförmiges Copolymerisat, das eine Teilchengröße von 15 bis 500 µm hat. Die Copolymerisate sind Verdickungsmittel, die Verdickungswirkung gemäß der oben angegebenen Prüfvorschrift ist ebenfalls in der Tabelle angegeben.

Tabelle

10	Bei- spiel	CO <sub>2</sub> [g]	Monomer (a) [g]	+ ggf. (c)	Monomer (b) [g]	Initiator [g]	Temp. [°C]	Druck [bar]	Zeit [h]	Ver- dickungs- wirkung (Viskosi- tät) [mPas]	
15											
	2	135	15	Acrylsäure	0,06	Pentaerythrit- triallylether	0,075 ABDV <sup>1)</sup>	70	140	10	2800
	3	135	15	Acrylsäure	0,06	Pentaerythrit- triallylether	0,038 ABDV	60	135	10	5400
20	4	135	15	Acrylsäure	0,075	Pentaerythrit- triallylether	0,038 ABDV	60	130	10	1800
	5	135	15	Acrylsäure	0,06	Divinyldioxan	0,038 ABDV	70	140	11	5000
25	6	135	15	Acrylsäure	0,09	Butanioldia- crylat	0,038 ABDV	70	140	11	1300
	7	135	15	Acrylsäure	0,075	Pentaerythrit- triallylether	0,15 TBPEH <sup>2)</sup>	80	160	5	11600
30	8	135	15	Acrylsäure	0,075	Pentaerythrit- triallylether	0,15 AIBN <sup>3)</sup>	80	160	5	4800
	9	135	12 3	Acrylsäure Methacrylsäure	0,06	Pentaerythrit- triallylether	0,038 ABDV	60	120	10	26400
35	10	135	12 3	Acrylsäure Methacrylsäure	0,075	Pentaerythrit- triallylether	0,038 ABDV	60	120	10	9600
	11	135	12 3	Acrylsäure Methacrylsäure	0,06	Pentaerythrit- triallylether	0,038 ABDV	60	120	10	16200
40	12	135	15	Methacrylsäure	0,10	Pentaerythrit- triallylether	0,038 ABDV	60	120	10	1800
	13	120	30	Acrylsäure	0,12	Pentaerythrit- triallylether	0,3 ABDV	70- 110	145- 200	10	3400
45	14	135	13,5 1,5	Acrylsäure Laurylacrylat (c)	0,075	Pentaerythrit- triallylether	0,075 ABDV	70	140	10	9500
	15	135	13,5 1,5	Acrylsäure Maleinsäure- anhydrid	0,075	Pentaerythrit- triallylether	0,075 ABDV	70	140	10	2300
50	16	135	9 3 3	Acrylsäure Methacrylsäure Acrylamid	0,06	Pentaerythrit- triallylether	0,038 ABDV	60	120	10	8600
55	17	135	11,5 1,5 1,5 1,5	Acrylsäure Dimethylamino- ethylacrylat Methacrylamid Acrylamido- methylpropyl sulfonsäure	0,06	Pentaerythrit- triallylether	0,038 ABDV	60	120	10	2300

60 <sup>1)</sup> 2,2'-Azobis-(2,4-dimethylvaleronitril)

<sup>2)</sup> Tertiärbutylperethylhexanoat

<sup>3)</sup> 2,2'-Azobisisobutyronitril

65